

# PIEZOELECTRIC ELEMENT, ITS PRODUCTION AND INK JET PRINTING HEAD AND ITS PRODUCTION

**Publication number:** JP9254382 (A)

**Publication date:** 1997-09-30

**Inventor(s):** TSUKADA MINEHARU; OMOTE KOJI; HIDA KATSUHARU;  
KAMEHARA NOBUO; NISHIZAWA MOTOTOSHI; KURIHARA  
KAZUAKI

**Applicant(s):** FUJITSU LTD

**Classification:**


- **international:** *B41J2/045; B41J2/055; B41J2/14; B41J2/16; H01L41/083;  
H01L41/09; H01L41/187; H01L41/22; B41J2/045; B41J2/055;  
B41J2/14; B41J2/16; H01L41/083; H01L41/09; H01L41/18;  
H01L41/22; (IPC1-7): B41J2/045; B41J2/055; B41J2/16;  
H01L41/083; H01L41/187; H01L41/22*

- **European:** B41J2/16M8S; B41J2/14D2; B41J2/16D2; B41J2/16M1;  
B41J2/16M5; H01L41/09G

**Application number:** JP19960062501 19960319

**Priority number(s):** JP19960062501 19960319

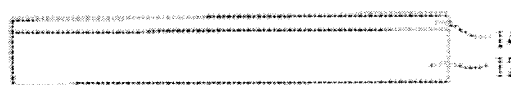
**Also published as:**

 US5962955 (A)

## Abstract of JP 9254382 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a small-sized and lightweight piezoelectric element simple to produce and capable of being driven by low voltage and to provide an ink jet printer and a method for producing the same. **SOLUTION:** In a method for producing a piezoelectric element 10 having at least one displacement layer obtained by laminating a first electrode 14, a piezoelectric layer 16 and second electrodes 18 on an insulating substrate 12, a slurry having a powder of the piezoelectric element dispersed therein is applied to the insulating substrate 1,2 having the first electrode 14 formed thereon by a spin coating method and the coated substrate is baked to form the piezoelectric layer 16.

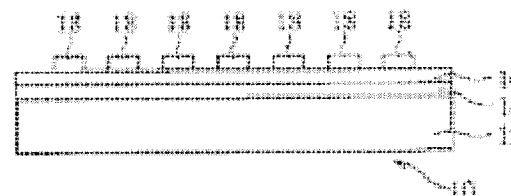
(a)



(b)



(c)



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-254382

(43) 公開日 平成9年(1997)9月30日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup>            | 識別記号   | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所  |
|--------------------------------------|--------|--------|---------------|---------|
| B 4 1 J                              | 2/045  |        | B 4 1 J 3/04  | 1 0 3 A |
|                                      | 2/055  |        |               | 1 0 3 H |
|                                      | 2/16   |        | H 0 1 L 41/08 | S       |
| H 0 1 L                              | 41/083 |        | 41/18         | 1 0 1 D |
|                                      | 41/187 |        | 41/22         | Z       |
| 審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁) 最終頁に続く |        |        |               |         |

(21) 出願番号 特願平8-62501

(22) 出願日 平成8年(1996)3月19日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 塚田 峰春

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 表 孝司

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 北野 好人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電素子及びその製造方法、並びにインクジェットプリンタヘッド及びその製造方法

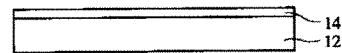
(57) 【要約】

【課題】 製造工程が簡便で、低電圧での駆動が可能であり、且つ小型で軽量の圧電素子及びその製造方法、並びにインクジェットプリンタヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 絶縁基板12上に、第1の電極14と、圧電層16と、第2の電極18とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子10の製造方法において、圧電体の粉末が分散されたスラリーを第1の電極14が形成された絶縁基板12上にスピコート法により塗布し、これを焼成することにより圧電層16を形成する。

本発明の第1実施形態による圧電素子の  
製造方法を示す工程断面図

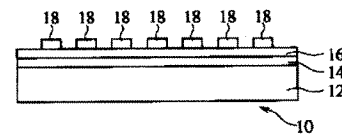
(a)



(b)



(c)



10…圧電素子  
12…絶縁基板  
14…下部電極  
16…圧電層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子であって、前記第1の電極と前記第2の電極とが重なった領域の前記圧電素子の表面の部位が、他の部位よりも突出していることを特徴とする圧電素子。

【請求項2】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散されたスラリーを前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上にスピンコート法により塗布し、これを焼成することにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項3】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散された懸濁液中において、電気泳動電着法により前記圧電体の粉末を前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上に電着し、これを焼成することにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項4】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成した圧電体グリーンシートを前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上に積層し、これを焼成することにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項5】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成され、その上に前記第1の電極が形成された第1の圧電体グリーンシートと、圧電体の粉末より作成され、その上に前記第2の電極が形成された第2の圧電体グリーンシートとを用意し、前記絶縁基板上に、前記第1の圧電体グリーンシートと、前記第2の圧電体グリーンシートを交互に積層し、これを焼成することにより前記変位層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項6】 請求項4又は5記載の圧電素子の製造方法において、前記圧電体グリーンシートを前記絶縁基板上に積層した後、静水圧プレスにより前記絶縁基板と前記圧電体グリーンシートを一体にすることを特徴とする圧電素子の製造方法。

【請求項7】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子と、前記圧電素子の前記変位層上に形成され、前記第2の電

極上に圧力室を形成するための開口が形成された基板と、前記基板上に形成された絶縁板と、前記圧電素子と、前記基板と、前記絶縁板よりなる積層体の側壁部に設けられ、前記積層体を固定する高剛性板とを有することを特徴とするインクジェットプリンタヘッド。

【請求項8】 絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の前記変位層上に、圧力室を形成するための基板を接着する工程と、前記基板をパターニングし、前記第2の電極上に開口された前記圧力室を形成する工程と、前記圧力室が形成された前記基板上に絶縁板を接着する工程とを有することを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項9】 請求項8記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法において、前記圧電素子と、前記基板と、前記絶縁板とにより構成される積層体の側壁部に高剛性板を接着する工程を更に有することを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電素子に係り、特に、インクジェットプリンタに用いる圧電素子及びその製造方法、並びにインクジェットプリンタヘッド及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】インクジェットプリンタは、液体のインクを小滴、液柱、又は霧状にして空気中に飛翔させ、記録紙上に文字、グラフ、画像等を印字する方式のプリンタである。インクジェットプリンタは、低騒音、且つ小型化・軽量化が可能であるため、その実用化が進められている。

【0003】インクジェットプリンタに用いられるヘッドとしては、ヒーターで圧力室内に気泡（バブル）を発生させ、気泡の力によりノズルからインクを飛翔させるバブルジェット方式と、圧力室の底面に振動板を設け、この振動板を圧電体で押圧することによりインクをノズルから飛翔させるインパクト方式とが主流となっている。

【0004】このような2つの方式のうち、バブルジェット方式は、インク特性によってヘッドの性能がほぼ決定されるため、印字速度及び印字品質には限界があり、今後の高速化・高画質化への対応が困難となっている。そこで、インク特性への対応範囲が広く、高速化に向き・制御性に優れたインパクト方式が注目されている。

【0005】インパクト方式のヘッドは、例えば、図1

0に示すような構造を有している。図10に示すインクジェットプリンタヘッドは、圧電素子10、圧力室板20、ノズル板30により構成されている。圧電素子10は、セラミック等の絶縁基板12上に、比較的広い面積を有する下部電極14と、圧電材料よりなる圧電層16と、上部電極18とを積層して形成されている。圧力室板20には、その一方の面に開放された圧力室70と、圧力室70へインクを供給するインク供給路72と、圧力室70からインクを他方の面側に導くインク導通路74が形成されている。ノズル板30には、インクを噴射するノズル76が形成されている。

【0006】そして、圧電素子10の上部電極18が形成されている領域に圧力室70が合致するように、圧電素子10と圧力室板20とが結合されており、圧力室70内にインクを装填できるようになっている。また、圧力室板20にはノズル板30が結合されており、圧力室板20のインク導通路72から導かれたインクをノズル板30のノズル76から飛翔できるようになっている。

【0007】この状態で、下部電極14と上部電極18との間に所定の電圧を印加すると、下部電極14と上部電極18が重なって形成された領域の圧電層16が変位し、圧力室70内のインクに圧力が加わる。この圧力により、インクはノズル76から飛翔される。このようにして、インパクト方式のインクジェットプリンタヘッドが構成されていた。

【0008】ところで、上記従来のインクジェットプリンタヘッドの製造工程においては、圧電層は、圧電層を別途作成した後、これを絶縁基板又は下部電極上に接着剤等により張り付ける方法や、圧電材料をスクリーン印刷により塗布する方法を用いて形成されていた。また、絶縁基板上に下部電極、圧電層、上部電極を積層した後には、この積層体を一軸プレスにより圧着し、圧電素子が形成されていた。一軸プレスとは、2つの平面板の間に試料を載置し、この平面板を上下より押圧することによって加圧する方法である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の圧電素子の形成方法では、圧電層を別途作成し、これを接着剤等により張り付けて形成していたため、製造工程が多く、且つ一度に多くの製品を作成することが困難であった。この結果、製造コスト自体も高くなり、製造コストの面からも望ましくなかった。

【0010】また、圧電層は、低電圧での駆動を考慮するとその膜厚は薄い方が望ましいが、スクリーン印刷法では、膜厚50 $\mu$ m以下の圧電層を形成することが困難であった。また、通常の圧電素子の製造工程では一軸プレスが用いられていたが、プレス前の圧電素子の表面には上部電極よりなる凸部が形成されているため、この部分にかかる圧力が他の部分と比較して高くなるがあった。この結果、プレス中に試料内に圧力むらが発生

し、その後の焼成過程で亀裂、剥離が生ずることがあった。

【0011】また、近年、環境保護の観点から鉛の使用を抑える動きが活発化しているが、圧電素子に用いる圧電材料には鉛が含まれるため、圧電材料を多量に使用することは好ましくない。また、圧電材料は比重が高いため、素子を軽量化するためにも圧電材料の使用を少なくすることが望まれていた。本発明の目的は、製造工程が簡便で、低電圧での駆動が可能であり、且つ小型で軽量の圧電素子及びその製造方法、並びにインクジェットプリンタヘッド及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的は、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子であって、前記第1の電極と前記第2の電極とが重なった領域の前記圧電素子の表面の部位が、他の部位よりも突出していることを特徴とする圧電素子によって達成される。このように圧電素子を構成すれば、変位層の変位量を大きくすることができる。また、変位層を多層化して圧電素子を形成すれば、単層により形成した場合と比較して更に変位量を大きくすることができる。

【0013】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散されたスラリーを前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上にスピンコート法により塗布し、これを焼成することにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法によっても達成される。このようにして圧電素子を製造すれば、均一な厚さの圧電層を短時間で大量に形成することができる。これにより、従来のように圧電層を接着して形成する場合と比較して、圧電素子の製造コストを大幅に削減することができる。

【0014】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散された懸濁液中において、電気泳動電着法により前記圧電体の粉末を前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上に電着し、これを焼成することにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法によっても達成される。このようにして圧電層を製造すれば、圧電層の膜厚を容易に薄くすることができる。これにより、低電圧で動作可能な圧電素子を形成することができる。

【0015】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成した圧電体グリーンシートを前記第1の電極が形成された前記絶縁基板上に積層し、これを焼成す

ることにより前記圧電層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法によっても達成される。このようにして圧電素子を製造すれば、圧電層に使用する圧電体の量を大幅に少なくすることができる。また、これにより比重の重い鉛化合物の使用量が減少するので、小型・軽量の圧電素子を形成することができる。

【0016】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成され、その上に前記第1の電極が形成された第1の圧電体グリーンシートと、圧電体の粉末より作成され、その上に前記第2の電極が形成された第2の圧電体グリーンシートとを用意し、前記絶縁基板上に、前記第1の圧電体グリーンシートと、前記第2の圧電体グリーンシートを交互に積層し、これを焼成することにより前記変位層を形成することを特徴とする圧電素子の製造方法によっても達成される。このようにして圧電素子を製造すれば、変位層の変位量が大きい圧電素子を形成することができる。

【0017】また、上記の圧電素子の製造方法において、前記圧電体グリーンシートを前記絶縁基板上に積層した後、静水圧プレスにより前記絶縁基板と前記圧電体グリーンシートを一体にすることが望ましい。このようにして圧電素子を製造すれば、圧力むらを生じさせずにプレスできるので、その後の焼成において亀裂や剥離が生じることを防止できる。

【0018】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子と、前記圧電素子の前記変位層上に形成され、前記第2の電極上に圧力室を形成するための開口が形成された基板と、前記基板上に形成された絶縁板と、前記圧電素子と、前記基板と、前記絶縁板よりなる積層体の側壁部に設けられ、前記積層体を固定する高剛性板とを有することを特徴とするインクジェットプリンタヘッドによっても達成される。このようにインクジェットプリンタヘッドを構成すれば、圧力室の圧縮を効率よく行うことができる。

【0019】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の前記変位層上に、圧力室を形成するための基板を接着する工程と、前記基板をパターンニングし、前記第2の電極上に開口された前記圧力室を形成する工程と、前記圧力室が形成された前記基板上に絶縁板を接着する工程とを有することを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法によっても達成される。

【0020】また、上記のインクジェットプリンタヘッドの製造方法において、前記圧電素子と、前記基板と、前記絶縁板とにより構成される積層体の側壁部に高剛性板を接着する工程を更に有することが望ましい。このよ

うにしてインクジェットプリンタヘッドを製造すれば、圧力室の圧縮効率がよいインクジェットプリンタヘッドを形成することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の第1実施形態による圧電素子の製造方法について図1を用いて説明する。図1は、本実施形態による圧電素子の製造方法を説明する工程断面図である。本実施形態による圧電素子の製造方法は、圧電材料の粉末が分散されたスラリーを用い、圧電層をスピコート法により形成していることに特徴がある。

【0022】以下に、本実施形態による圧電素子の製造方法について詳細に説明する。まず、アルミナよりなる絶縁基板12上に、例えば、 $\text{Ag-Pd}$ ペーストを用いたスクリーン印刷法により、下部電極14を形成する（図1(a)）。次いで、圧電材料の粉末が分散されたスラリーを、下部電極14が形成された絶縁基板12上にスピコートする。例えば、 $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{TiO}_3-0.35\text{PbTiO}_3-0.15\text{PbZrO}_3$ （以下、本実施形態においてPNN-PT-PZと表す）を100g、バインダを5g、可塑剤を2g、分散剤を0.2g、溶媒を55gとし、これらを混合することによりスピコートが可能なスラリーを形成することができる。

【0023】続いて、大気中において、例えば1000℃、2時間の熱処理を行い、スピコートした圧電層16を焼成する（図1(b)）。この後、このように形成した圧電層16上に、例えば、 $\text{Au}$ ペーストを用いたスクリーン印刷法により、上部電極18を形成する（図1(c)）。これにより、絶縁基板12上に、下部電極14と、圧電層16と、上部電極18が順次積層された圧電素子10を形成することができる。

【0024】このように、本実施形態によれば、圧電材料が分散されたスラリーを用いることにより、圧電層をスピコート法により形成することができるので、均一な厚さの圧電層を短時間で大量に形成することが可能となる。これにより、従来のように圧電層を接着して形成する場合と比較して、圧電素子の製造コストを大幅に削減することができる。

【0025】また、上記の圧電素子を用いてインクジェットプリンタヘッドを形成すれば、インクジェットプリンタヘッドの製造工程をも簡略にすることができる。なお、上記実施形態では、PNN-PT-PZよりなる絶縁材料を分散したスラリーをスピコート法により塗布することにより圧電層を形成したが、他の圧電材料を分散したスラリーを適用することもできる。例えば、PZT系の圧電材料、又はその他の第三成分が含まれた圧電材料を用いてもよい。

【0026】また、上記実施形態では、絶縁性基板としてアルミナを用いた例を示したが、圧電層の焼成温度や

電極の焼き付け温度に耐え得る材料であれば、他の材料であっても差し支えない。例えば、MgO基板やSi基板を適用することができる。また、上部電極、下部電極も、他の物質により形成してもよい。例えば、Ptペーストを用いたスクリーン印刷法により形成することができる。

【0027】次に、本発明の第2実施形態による圧電素子の製造方法について、図2及び図3を用いて説明する。図2は本実施形態による圧電素子の製造方法に用いた電気泳動電着法を説明する図である。本実施形態による圧電素子の製造方法は、圧電層を電気泳動電着法により形成することに特徴がある。

【0028】始めに、電気泳動電着法について説明する。電気泳動電着法とは、塗料粒子を分散させた懸濁液中に2枚の電極を浸漬し、これら電極間に直流電圧を印加することにより、陽極となる一方の電極上に塗料粒子を電着させる方法である。懸濁液として圧電材料を分散させた溶液を用いれば、圧電材料を電着することも可能となる。

【0029】例えば、図2に示すように、アセトンや水に圧電材料が分散された懸濁液22を用い、圧電材料を電着する基板24と金属板26とを向かい合わせて懸濁液中に浸漬し、基板24が陽極となるように直流電圧を印加すれば、基板24上に圧電材料を電着することができる。電気泳動電着法による電着方法は、膜厚の面内均一性に極めて優れており、膜厚の制御も容易であることから、電気泳動電着法により圧電層を形成することにより圧電層を容易に薄膜化することができる。

【0030】次に、本実施形態による圧電素子の製造方法について、図1に示した第1実施形態による圧電素子の製造方法を参照して詳細に説明する。まず、アルミナよりなる絶縁基板12上に、薄膜法、又はスクリーン印刷法により、下部電極14を形成する(図1(a)参照)。次いで、下部電極14が形成された絶縁基板12上に、電気泳動電着法により圧電層16を形成する。

【0031】懸濁液としては、例えば、 $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{TiO}_3-0.35\text{PbTiO}_3-0.15\text{PbZrO}_3$ 組成の圧電体仮焼粉末を分散させた溶液を用いる。電着条件は、例えば、基板24と金属板26との間隔を10mm、印加電圧を1kV、電着時間を60秒とする(図2参照)。このようにして圧電層16を電着することにより、圧電層16の膜厚を容易に制御することができる。上記の電着条件を適宜設定することにより、1~40 $\mu\text{m}$ 程度の比較的薄い圧電層16であっても制御性よく形成することができる。

【0032】続いて、大気中において、例えば1000℃、2時間の熱処理を行い、電着した圧電層16を焼成する(図1(b)参照)。この後、このように形成した圧電層16上に、例えばスクリーン印刷法により、上部電極18を形成する。これにより、絶縁基板12上に、

下部電極14と、圧電層16と、上部電極18が順次積層された圧電素子10を形成することができる(図1(c)参照)。

【0033】このように、本実施形態によれば、電気泳動電着法により圧電層を電着するので、圧電層の膜厚を容易に薄くすることができる。これにより、低電圧で動作可能な圧電素子を形成することができる。また、圧電材料の使用量を低減することができるので、小型化、軽量化に有利となる。また、鉛の使用量が少なくできるので、環境保護の面からも望ましい。

【0034】また、このような圧電素子をインクジェットプリンタヘッドに使用すれば、インクジェットプリンタヘッド自体の小型化、軽量化を図ることもできる。なお、電着する圧電体の材料として、上記実施形態では、 $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{TiO}_3-0.35\text{PbTiO}_3-0.15\text{PbZrO}_3$ 組成の圧電体仮焼粉末を用いたが、他の組成の圧電体材料であってもよい。圧電体材料としては、圧電定数 $d_{33}$ が大きな材料が望ましく、圧電定数 $d_{33}$ が大きいほどに良好な特性を得ることができる。

【0035】次に、本発明の第3実施形態による圧電素子の製造方法について図3及び図4を用いて説明する。図3及び図4は本実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程図である。本実施形態による圧電素子の形成方法は、圧電材料を含む圧電体グリーンシートを形成しておき、これを基板上に重ねて一体化することに特徴がある。

【0036】次に、本実施形態による圧電素子の製造方法について詳細に説明する。まず、圧電層となる圧電体グリーンシートを以下の方法により作成する。圧電体グリーンシートの原料となるスラリーを、例えば、粒径約1.0 $\mu\text{m}$ の $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{TiO}_3-0.35\text{PbTiO}_3-0.15\text{PbZrO}_3$ 組成の圧電粉末と、有機バインダであるPVBと、可塑剤であるDBPと、有機溶剤であるエタノールとを、ボールミルで混合して作成する。

【0037】次いで、ドクターブレード法により、このように作成したスラリーから圧電体グリーンシートを成形する。この後、成形した圧電体グリーンシートを、例えば100mm $\square$ の大きさに打ち抜き、100MPaの圧力による一軸プレスにて加圧処理する。こうして、圧電体グリーンシート28を作成する(図3(a))。

【0038】次に、このように作成した圧電体グリーンシート28を用いて圧電素子を形成する。まず、アルミナよりなる絶縁基板12上に、例えば、Ag-Pdペーストを用いたスクリーン印刷法により下部電極14を形成する(図3(b))。次いで、加圧処理した圧電体グリーンシート28を、下部電極14が形成された絶縁基板12上に重ねてフィルムで真空バックし、80℃、40MPaの条件で静水圧プレスを行う。

【0039】静水圧プレスとは、水中やオイル中に試料を浸漬した状態でプレスを行う方法である。静水圧プレスでは、試料表面に凹凸があった場合にも試料表面の全体で均一に圧力を加えられるため、試料内で圧力むらが生じることがない。この点で、従来用いられていた一軸プレスよりも優れている。続いて、静水圧プレスのために覆っていたフィルムを剥離した後、1000℃、3時間の熱処理を大気中で行い、圧電体グリーンシートを焼成する。これにより圧電層16を形成する(図3(c))。

【0040】この後、このように形成した圧電層16上に、例えば、Auペーストを用いたスクリーン印刷法により上部電極18を形成する(図4(a))。次いで、外形を切断加工し、圧電素子10を形成する(図4(b))。このように、本実施形態によれば、圧電体グリーンシート28を絶縁基板12に重ねて一体化することにより圧電層16を形成するので、圧電層16に使用する圧電体の量を大幅に少なくすることができる。また、これにより比重の重い鉛化合物の使用量が減少するので、小型・軽量の圧電素子10を形成することができる。

【0041】また、このような圧電素子を用いれば、小型・軽量で、且つ鉛化合物の使用量が少ないインクジェットプリンタヘッドを構成することが可能となる。次に、本発明の第4実施形態による圧電素子及びその製造方法について図5及び図6を用いて説明する。図5は本実施形態による圧電素子の構造を示す概略断面図、図6は本実施形態による圧電素子の製造方法を示す概略断面図である。

【0042】始めに、本実施形態による圧電素子の構造について説明する。共通電極34が形成された絶縁基板32上には、その上に個別電極38が形成された圧電層36と、その上に共通電極42が形成された圧電層40とが複数積層して形成されている。すなわち、アルミナよりなる絶縁基板32上には、共通電極34と、圧電層36aと、個別電極38aと、圧電層40aと、共通電極42aと、圧電層36bと、個別電極38bと、圧電層40bと、共通電極42bと、圧電層36cと、個別電極38cとが順次積層して形成されている。

【0043】このように、圧電層が電極で挟まれてなる変位層を多層化して圧電素子を形成することにより、単層により形成した場合と比較して変位量を大きくすることができる。また、個別電極を形成した領域では積層とともにその領域の突出が大きくなるので、変位量を更に大きくすることができる。これにより、従来の圧電素子に比べて低電力で大きな変位量を得ることができるので、このような圧電素子を用いれば、低電力で高精細な印刷が可能なインクジェットプリンタヘッドを構成することが可能となる。

【0044】なお、本実施形態にいう共通電極42及び

個別電極38は、それぞれ、第1乃至第3実施形態にいう下部電極14及び上部電極18に相当する電極である。次に、本実施形態による圧電素子の製造方法について説明する。まず、第3実施形態による圧電素子の製造方法と同様にして圧電体グリーンシート28を形成する。

【0045】次いで、このように形成した圧電体グリーンシート上に、例えば導体ペーストを用いたスクリーン印刷法により電極38、42を形成する。圧電体グリーンシート28には、共通電極のパターンを有する電極と、個別電極のパターンを有する電極とを別々に形成する。こうして、共通電極42が形成された圧電体グリーンシート44と、個別電極38が形成された圧電体グリーンシート46をそれぞれ複数枚用意する(図6(a))。

【0046】次に、電極が形成された上記の圧電体グリーンシート44、46を用い、圧電素子を形成する。まず、アルミナよりなる絶縁基板32上に、スクリーン印刷法により共通電極34を形成する。次いで、個別電極38が形成された圧電体グリーンシート46と、共通電極42が形成された圧電体グリーンシート44を交互に積層し(図6(b))、静水圧プレスを用いて加圧・結合する。

【0047】続いて、大気中において、例えば1000℃、3時間の熱処理を行い、上記の積層体を焼成する(図6(c))。この後、焼成した積層体を所望の外形に切断・加工し、圧電素子を形成する。本実施形態による圧電素子の製造方法では、静水圧プレスを用いて加圧することが特に重要である。すなわち、静水圧プレスを用いて加圧することにより、個別電極38により形成された突出部48をそのまま残存させることができるからである。

【0048】このように突出部48を残存させることにより、圧電層の変位量を大きくすることができる。また、このような突出部48は、個別電極38の積層枚数を増加するほどに大きくすることができる。さらに、圧電層を電極で挟んで形成した変位層を複数積層することにより、その変位量を更に大きくすることができる。このように、本実施形態によれば、圧電層を、圧電体グリーンシートを用いて構成するので、小型軽量で、鉛の使用量が少ない圧電素子を形成することができる。

【0049】また、圧電体グリーンシートを積層して加圧する際には静水圧プレスを用いるので、プレス時の圧力むらによって焼成時に亀裂等が発生することを防止することができる。また、圧電体グリーンシート上に形成された電極の厚みをそのまま残存できるので、変位層の変位量を大きくすることができる。また、複数の変位層を積層して形成することにより、変位層の変位量を更に大きくすることができる。

【0050】なお、上記実施形態では、変位層が三層形

成されるように圧電体グリーンシートを積層したが、積層する圧電体グリーンシートの構成及び枚数は本実施形態に限定されるものではない。積層する圧電体グリーンシートの構成及び枚数は、所望の変位量が得られるように適宜調整することが望ましい。また、上記実施形態では、絶縁基板の一方の面に圧電体グリーンシートを積層して圧電素子を形成したが、絶縁基板の両方の面に形成してもよい。

【0051】次に、本発明の第5実施形態によるインクジェットプリンタヘッド及びその製造方法を、図7乃至図9を用いて説明する。図7は本実施形態によるインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略断面図、図8は本実施形態によるインクジェットプリンタヘッドの製造方法を示す工程断面図、図9は本実施形態の変形例によるインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略断面図である。

【0052】始めに、本実施形態によるインクジェットプリンタヘッドについて説明する。下部電極14と、圧電層16と、上部電極18とがアルミナ基板12上に順次積層されてなる圧電素子10上には、上下の層を接着するためのドライフィルム50が形成されている。ドライフィルム50は、上部電極18が形成されていない領域の圧電素子10上に形成されている。ドライフィルム50が設けられた圧電素子10上には、上部電極18上に開口54が設けられたシリコンウェーハ52が形成され、ドライフィルム50によって接着されている。シリコンウェーハ52に形成された開口54は圧力室を構成する。シリコンウェーハ52上には、アルミナ基板58がドライフィルム56により接着されている。

【0053】このように構成されたインクジェットプリンタヘッドの側壁部には、圧力室の圧縮を効率よく行うために、アルミナよりなる高剛性板60が接着されている。次に、本実施形態によるインクジェットプリンタヘッドの製造方法について説明する。まず、下部電極14と、圧電層16と、上部電極18とが絶縁基板12上に順次積層されてなる圧電素子10上に、ドライフィルム50を用いてシリコンウェーハ52を接着する(図8(a))。ドライフィルム50は、上部電極18が形成された領域と重なる場所を予め開口しておき、上部電極18が形成されていない領域のみを被覆するようにする。

【0054】次いで、シリコンウェーハを表面側からエッチングし、上部電極上達するに開口54を形成する。このように形成した開口54がインクを押圧するための圧力室となる(図8(b))。続いて、開口54を形成したシリコンウェーハ52の上に、ドライフィルム56を用いてアルミナ板58を接着する。

【0055】この後、このように形成された積層体の側壁部に、例えばアルミナよりなる高剛性板60を接着する(図8(c))。接着剤としては、例えばドライフィ

ルムなどの熱硬化性樹脂を用いることができる。このようにして、インクジェットプリンタヘッドを形成する。このように、本実施形態によれば、セラミック等の材料よりなる高剛性板60を素子の側面に接着し、圧電素子10の変位により素子全体が変位することを防止しているので、圧力室の圧縮を効率よく行うことができる。

【0056】また、第1乃至第4実施形態による圧電素子を用いて本実施形態によるインクジェットプリンタヘッドを構成すれば、小型且つ軽量で、しかも鉛の使用量が少なく、低電圧で動作可能なインクジェットプリンタヘッドを構成することができる。なお、上記実施形態では、インクジェットプリンタヘッドの側壁部のみを高剛性板60で覆うことにより圧力室の圧縮効率を高めたが、インクジェットプリンタヘッドの上面と下面をさらに高剛性板で覆うことも効果的である。

【0057】例えば、図9に示すように、インクジェットプリンタヘッドの上面と下面を高剛性板62により覆い、側面の高剛性板60と溶接固定すれば、インクの噴射特性を更に向上することができる。

【0058】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子であって、第1の電極と第2の電極とが重なった領域の圧電素子の表面の部位が、他の部位よりも突出している圧電素子を構成するので、変位層の変位量を大きくすることができる。また、変位層を多層化して圧電素子を形成すれば、単層により形成した場合と比較して変位量を更に大きくすることができる。

【0059】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散されたスラリーを第1の電極が形成された絶縁基板上にスピンコート法により塗布し、これを焼成することにより圧電層を形成するので、均一な厚さの圧電層を短時間で大量に形成することができる。これにより、従来のように圧電層を接着して形成する場合と比較して、圧電素子の製造コストを大幅に削減することができる。

【0060】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末が分散された懸濁液中において、電気泳動電着法により圧電体の粉末を第1の電極が形成された絶縁基板上に電着し、これを焼成することにより圧電層を形成するので、圧電層の膜厚を容易に薄くすることができる。これにより、低電圧で動作可能な圧電素子を形成することができる。

【0061】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも



一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成した圧電体グリーンシートを第1の電極が形成された絶縁基板上に積層し、これを焼成することにより圧電層を形成するので、圧電層に使用する圧電体の量を大幅に少なくすることができる。また、これにより比重の重い鉛化合物の使用量が減少するので、小型・軽量の圧電素子を形成することができる。

【0062】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の製造方法において、圧電体の粉末より作成され、その上に第1の電極が形成された第1の圧電体グリーンシートと、圧電体の粉末より作成され、その上に第2の電極が形成された第2の圧電体グリーンシートとを用意し、絶縁基板上に、第1の圧電体グリーンシートと、第2の圧電体グリーンシートを交互に積層し、これを焼成することにより変位層を形成するので、変位層の変位量が大い圧電素子を形成することができる。

【0063】また、上記の圧電素子の製造方法において、圧電体グリーンシートを絶縁基板上に積層した後、静水圧プレスにより絶縁基板と圧電体グリーンシートを一体にすれば、圧力むらを発生させずにプレスできるので、その後の焼成において亀裂や剥離が生じることを防止できる。また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子と、圧電素子の変位層上に形成された第2の電極上に圧力室を形成するための開口が形成された基板と、基板上に形成された絶縁板と、圧電素子と、基板と、絶縁板よりなる積層体の側壁部に設けられ、積層体を固定する高剛性板とによりインクジェットプリンタヘッドを構成するので、圧力室の圧縮を効率よく行うことができる。

【0064】また、絶縁基板上に、第1の電極と、圧電層と、第2の電極とが積層してなる変位層を少なくとも一層以上有する圧電素子の変位層上に、圧力室を形成するための基板を接着する工程と、基板をパターンニングし、第2の電極上に開口された圧力室を形成する工程と、圧力室が形成された基板上に絶縁板を接着する工程とによりインクジェットプリンタヘッドを製造することができる。

【0065】また、上記のインクジェットプリンタヘッドの製造方法において、圧電素子と、基板と、絶縁板とにより構成される積層体の側壁部に高剛性板を接着する工程を更に設ければ、圧力室の圧縮効率がよいインクジェットプリンタヘッドを形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図2】本発明の第2実施形態による圧電素子の製造方

法に用いた電気泳動電着法を説明する図である。

【図3】本発明の第3実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程図(その1)である。

【図4】本発明の第3実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程図(その2)である。

【図5】本発明の第4実施形態による圧電素子の構造を示す概略断面図である。

【図6】本発明の第4実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図7】本発明の第5実施形態によるインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略断面図である。

【図8】本発明の第5実施形態によるインクジェットプリンタヘッドの製造方法を示す工程断面図である。

【図9】本発明の第5実施形態の変形例によるインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略断面図である。

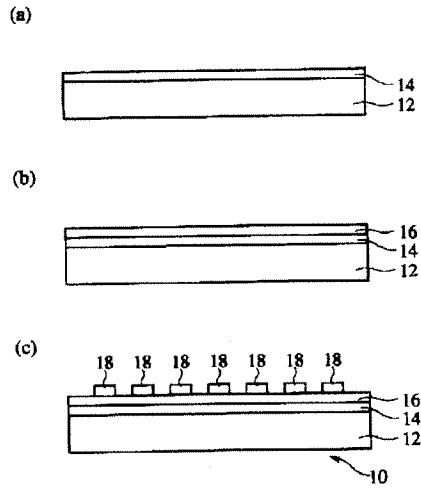
【図10】従来のインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略断面図である。

#### 【符号の説明】

- 10…圧電素子
- 12…絶縁基板
- 14…下部電極
- 16…圧電層
- 18…上部電極
- 20…圧力室板
- 22…懸濁液
- 24…基板
- 26…金属板
- 28…圧電体グリーンシート
- 30…ノズル板
- 32…絶縁基板
- 34…共通電極
- 36…圧電層
- 38…個別電極
- 40…圧電層
- 42…共通電極
- 44…圧電体グリーンシート
- 46…圧電体グリーンシート
- 50…ドライフィルム
- 52…シリコンウェーハ
- 54…開口
- 56…ドライフィルム
- 58…アルミナ板
- 60…高剛性板
- 62…高剛性板
- 70…圧力室
- 72…インク供給路
- 74…インク導通路
- 76…ノズル

【図1】

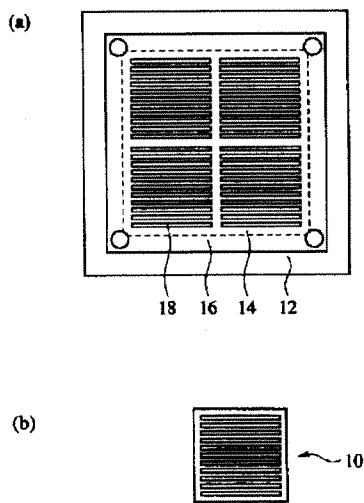
本発明の第1実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程断面図



10…圧電素子  
12…絶縁基板  
14…下部電極  
16…圧電層

【図4】

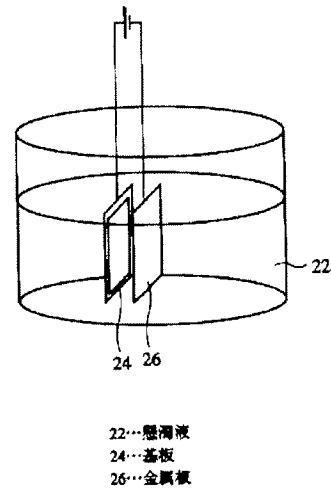
本発明の第3実施形態による圧電素子の製造方法を示す工程図(その2)



10…圧電素子  
18…上部電極

【図2】

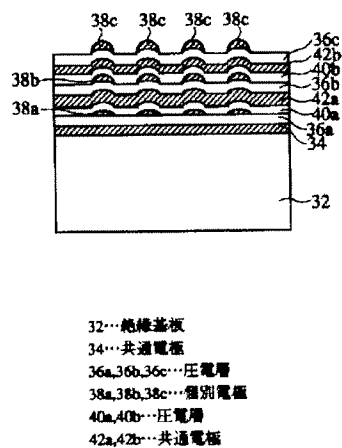
本発明の第2実施形態による圧電素子の製造方法に用いた電気泳動電着法を説明する図



22…懸濁液  
24…基板  
26…金属板

【図5】

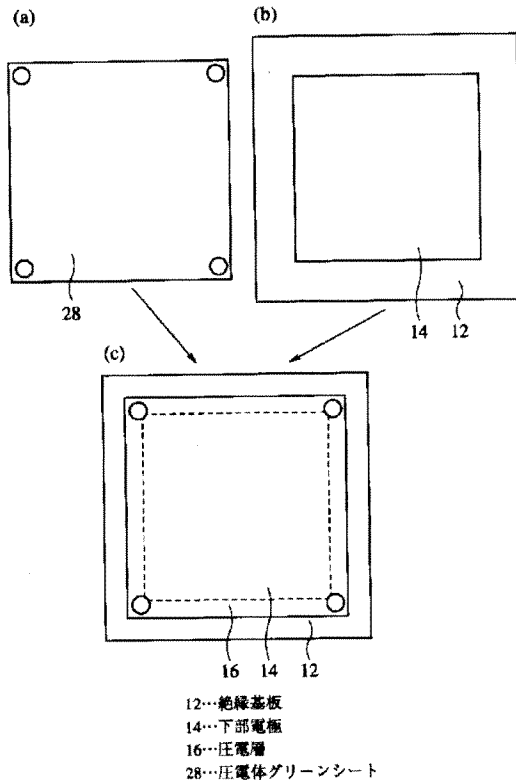
本発明の第4実施形態による圧電素子の構造を示す概略断面図



32…絶縁基板  
34…共通電極  
36a, 36b, 36c…圧電層  
38a, 38b, 38c…個別電極  
40a, 40b…圧電層  
42a, 42b…共通電極

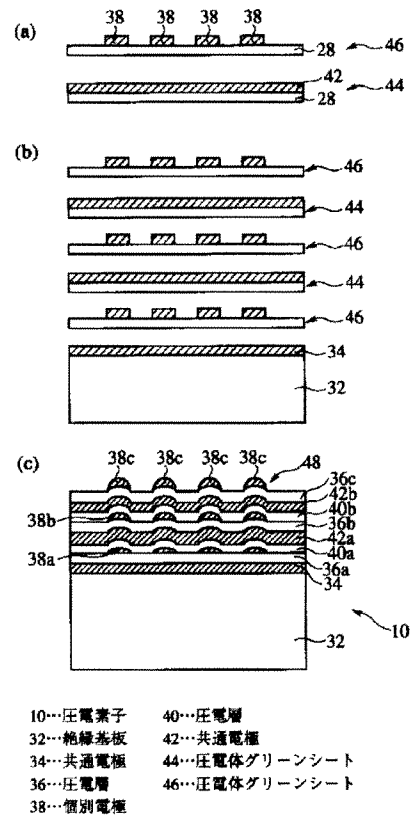
【図3】

本発明の第3実施形態による圧電素子の  
製造方法を示す工程図(その1)



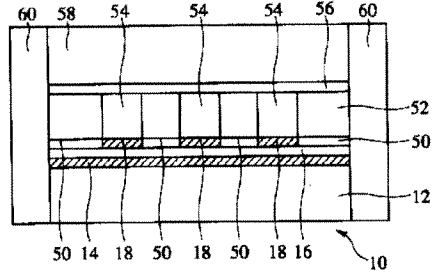
【図6】

本発明の第4実施形態による圧電素子の  
製造方法を示す工程断面図



【図7】

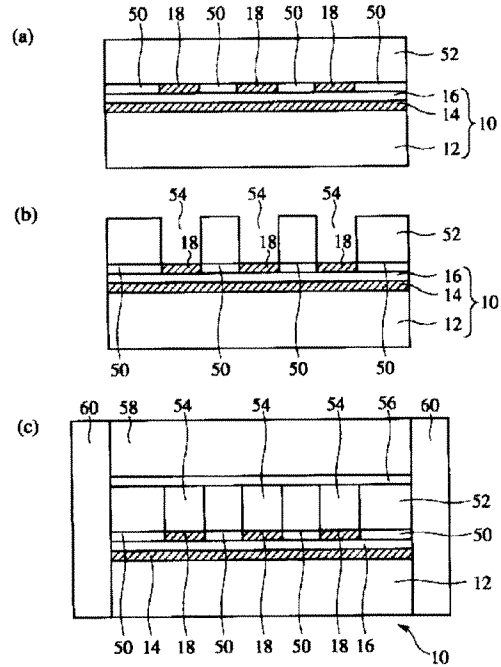
本発明の第5実施形態によるインクジェットプリンタ  
ヘッドの構造を示す概略断面図



- |            |             |
|------------|-------------|
| 10…圧電素子    | 52…シリコンウェーハ |
| 12…絶縁基板    | 54…開口       |
| 14…下部電極    | 56…ドライフィルム  |
| 16…圧電層     | 58…アルミナ板    |
| 18…上部電極    | 60…高剛性板     |
| 50…ドライフィルム |             |

【図8】

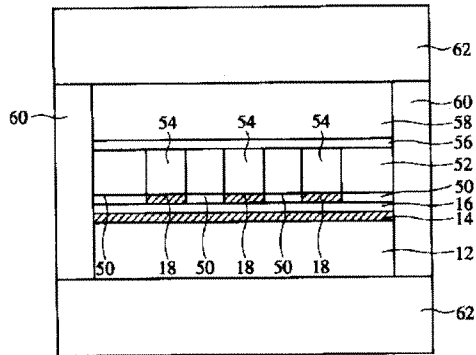
本発明の第5実施形態によるインクジェットプリンタ  
ヘッドの製造方法を示す工程断面図



- |            |             |
|------------|-------------|
| 10…圧電素子    | 52…シリコンウェーハ |
| 12…絶縁基板    | 54…開口       |
| 14…下部電極    | 56…ドライフィルム  |
| 16…圧電層     | 58…アルミナ板    |
| 18…上部電極    | 60…高剛性板     |
| 50…ドライフィルム |             |

【図9】

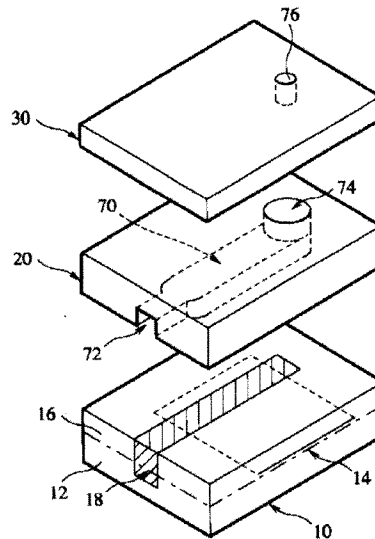
本発明の第5実施形態の変形例によるインクジェット  
プリンタヘッドの構造を示す概略断面図



- |            |             |
|------------|-------------|
| 10…圧電素子    | 52…シリコンウェーハ |
| 12…絶縁基板    | 54…開口       |
| 14…下部電極    | 56…ドライフィルム  |
| 16…圧電層     | 58…アルミナ板    |
| 18…上部電極    | 60…高剛性板     |
| 50…ドライフィルム | 62…高剛性板     |

【図10】

従来のインクジェットプリンタヘッドの構造を示す概略図



|         |           |
|---------|-----------|
| 10…圧電素子 | 30…ノズル板   |
| 12…絶縁基板 | 70…圧力室    |
| 14…下部電極 | 72…インク供給路 |
| 16…圧電層  | 74…インク導通路 |
| 18…上部電極 | 76…ノズル    |
| 20…圧力室板 |           |

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/22

(72)発明者 肥田 勝春

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 亀原 伸男

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 西沢 元亨

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 栗原 和明

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内